

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2023.01.258>

JEL classification: C31, C63, J43, Q16

UDC: 338.431.2: 519.863

Світлана НУЖНА

кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних систем і технологій,
Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, Україна
E-mail: nuzhna.s.a@dsau.dp.ua
ORCID ID: 0000-0002-6850-4016
ResearcherID: ABH-9836-2020

Геннадій КАРИМОВ

кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри менеджменту організацій і адміністрування,
Дніпровський державний технічний університет, Україна
E-mail: gkarimov@ukr.net
ORCID ID: 0000-0002-0208-2607

Іван КАРИМОВ

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
завідувач кафедри прикладної та вищої математики,
Дніпровський державний технічний університет, Україна
E-mail: ikarimov@ukr.net
ORCID ID: 0000-0003-4145-9726

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ЛОГІСТИЧНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

АНОТАЦІЯ

Вступ. Успішне функціонування та конкурентоспроможність будь-якого підприємства аграрного сектору напряду залежить від узгодженої взаємодії всіх підсистем підприємства, в тому числі й логістики. Запровадження пандемічного карантину через COVID-19 та воєнні дії в Україні змусили економіку адаптуватися до іншого режиму роботи. Однак деякі галузі не можуть повністю перейти на віддалені режими. Логістика поки що не може бути повністю віртуалізована. Поряд з переходом на максимально віддалений режим роботи, продовжується доставка споживчих товарів та персональних замовлень, що ставить перед підприємствами виклик пошуку шляхів вдосконалення логістичної діяльності.

Мета. На основі проведених досліджень та аналізу розробити математичну модель пошуку кращих субоптимальних рішень для задачі зниження транспортних витрат сільськогосподарських підприємств при перевезенні (реалізації) продукції.

Методологія. В процесі дослідження побудовано економіко-математичну модель на прикладі виробничо-транспортної задачі про оптимізацію плану перевезень деякої однорідної продукції безпосередньо від постачальників до споживачів на прикладі діяльності сільськогосподарського підприємства ПФ "Агроцентр" в Дніпропетровській області. Модель апробовано на статистичних даних роботи підприємства за 2021 рік, використано сучасне програмне забезпечення електронних таблиць Microsoft Excel, а саме, засіб *Пошук рішення* та інструменти Google Таблиць.

© Світлана Нужна, Геннадій Карімов, Іван Карімов, 2023

Отримано: 02.03.2023 р.

Рекомендовано до друку: 12.03.2023 р.

Опубліковано: 29.03.2023 р.



Ця стаття розповсюджується на умовах ліцензії Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0, яка дозволяє необмежене повторне використання, розповсюдження та відтворення на будь-якому носії, за умови правильного цитування оригінальної роботи.

Як цитувати:

Нужна С., Карімов Г., Карімов І. Економіко-математичне моделювання в логістичній діяльності аграрних підприємств. *Економічний аналіз*. 2023. Том 33. № 1. С. 258-269. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2023.01.258>

Результат. Доведено, що результати оптимізації плану перевезень продукції дають змогу найефективніше використати виробничий потенціал підприємства та забезпечити найменші витрати при реалізації продукції. Така модель може бути використана для проведення аналізу діяльності будь-якого сільськогосподарського підприємства, за різні періоди часу, а також виявить особливості перевезення продукції не тільки підприємства загалом, але й окремих його підрозділів, а крім того, дає можливість приймати управлінські рішення на різних етапах виробництва та реалізації продукції.

Ключові слова: логістична діяльність; оптимізаційна модель; сільськогосподарські підприємства; виробничо-транспортна задача; план перевезень продукції.

Вступ

Розвиток сільського господарства в Україні призводить до зміни пріоритетів ведення бізнесу. Для сільськогосподарських підприємств необхідно демонструвати та впроваджувати сучасні підходи до раціоналізації функціонування господарських механізмів, серед яких важливу роль відіграє логістика. Відповідно до змін у стратегіях розвитку, особлива увага приділяється вдосконаленню систем матеріально-технічного та інформаційного забезпечення сільськогосподарських підприємств на основі вивчення ринків збуту виробничих ресурсів і готової продукції та логістичних підходів.

В сучасних умовах розвиток і функціонування сільськогосподарських підприємств визначається рівнем потреб споживачів. Перед підприємствами постає проблема раціонального управління постачанням, виробництвом і збутом, які повинні бути побудовані таким чином, щоб задовольнити вимоги споживачів з мінімальними витратами. З цією метою нові методи і прийоми управління, засновані на концепції логістики, все частіше використовуються для формування систем управління багатьма сучасними фірмами та підприємствами. Сферою практичного застосування концепції логістики та логістичного підходу є логістична діяльність підприємств. У цьому контексті потребує детального вивчення як сутність концепції, так і можливості інтеграції теоретичних положень в управління окремими ланками підприємства.

Підприємці повинні працювати так, щоб високий рівень обслуговування та помірні ціни заохочували потенційних клієнтів до взаємовигідної співпраці. Якість обслуговування клієнтів є одним з найважливіших факторів при виборі постачальника. Вирішальна роль

менеджменту. Саме менеджмент — це управління персоналом, який має відношення до надання послуг споживачам. Системи, процедури, кваліфікація працівників повинні задовольняти певним вимогам і забезпечувати результативне вирішення проблеми сервісу. Оскільки сервіс є логістичною операцією, то доцільно зазначити ще один аспект логістики для розвитку підприємства. Логістична система підприємства забезпечує необхідний набір послуг при максимально можливому зменшенні асоційованих витрат, що зумовлені виконанням логістичних операцій.

Сьогодні логістична політика підприємств розробляється з урахуванням двох чинників — бажаного рівня сервісу і мінімальної величини логістичних витрат. Логістична система встановлює між ними баланс, вигідний як споживачеві, так і постачальнику. Мета логістичної політики — балансувати рівень сервісу і величину логістичних витрат для підвищення конкурентоспроможності підприємства. Забезпечення такого балансу є досить складною задачею для функціонування будь-якого підприємства. Тому виникає завдання застосування апарату економіко-математичного моделювання, за допомогою якого можливо адекватно і логічно представити компоненти логістичних витрат і логістичного сервісу у вигляді математичної оптимізаційної моделі. Модель повинна бути розроблена таким чином, щоб логістична система створювала певний рівень якості сервісу при мінімально можливих логістичних затратах.

Система логістичного управління має велике значення в процесі формування та реалізації логістичних стратегій в аграрних підприємствах. Теоретичні аспекти логістичного управління розглядаються в працях зарубіжних вчених, таких як Д. Бауерсокс, Д. Клосс, Д. Ламбертта, Д. Сток. Зарубіжні вчені в галузі логістики мають досить різні погляди на визначення сутності терміну "логістична діяльність"; Д. Бауерсокса,

Д. Клосс визначають сутність логістичної діяльності як основу бізнес-стратегії суб'єкта господарювання: матеріальні ресурси, незавершене виробництво та готова продукція. Вони розглядають його як створення і налагодження такої системи, яка управляє потоком товарно-матеріальних цінностей [1], а Д. Сток і Д. Ламберт підтримують визначення терміну, надане Радою з управління логістикою, в якому зазначено, що це ефективний і продуктивний потік товарів, їх запасів, послуг і пов'язаної з ними інформації від джерела постачання до пункту споживання трактується як частина процесу ланцюга поставок, під час якого ефективний потік планується, виконується і контролюється для задоволення потреб споживачів [2]. Вітчизняні науковці також розглядають різні підходи до терміну "логістичне управління". Наприклад, Є. В. Крикавський першим ввів поняття "логістичний менеджмент" і описує його сутність як управління в логістичних системах на основі теорії логістики. Він підкреслює доцільність поєднання логістики та менеджменту як "комплексної локальної системи управління матеріальними та інформаційними потоками" [3, с. 16]. Критеріям логістичного управління приділено багато уваги Л. В. Фроловою. Основними критеріями є: спрямованість на оптимізацію параметрів логістичної системи в цілому та її окремих ланок; ситуативність логістичного управління, його гнучкість, безперервність, оперативність та економічність [4, с. 13]. На сучасному етапі розвитку аграрної науки велика увага приділяється як теоретичним питанням розвитку логістичної діяльності, так і практичним аспектам їх функціонування. Проблеми розвитку логістичної діяльності сільськогосподарських підприємств досліджували також О. Величко [5, с. 40-43], І. Смірнов [6, с. 100], Н. Струк [7, с. 110] та інші науковці. Науковий підхід до формування концепції логістики, положення, висновки та рекомендації, сформульовані в їхніх працях, посідають важливе місце в сучасній теорії логістики та дозволяють зрозуміти всю складність вирішення логістичних проблем на підприємствах.

Отже, ці дослідження потребують подальшого вдосконалення та розвитку.

Проведений аналіз досліджень сутності категорій «логістична діяльність підприємства», в т. ч. підприємств аграрного сектору економіки, дав можливість сформулювати актуальний напрямок – використання економіко-математичного моделювання в логістичній діяльності таких підприємств, зокрема, їх практичного застосування.

Мета та завдання статті

Мета та завдання статті – на основі проведених досліджень та аналізу розробити математичну модель пошуку кращих субоптимальних рішень для задачі зниження транспортних витрат сільськогосподарських підприємств при перевезенні продукції від постачальників до споживачів.

Виклад основного матеріалу дослідження.

У зв'язку з соціально-економічною нестабільністю, карантинними заходами через пандемію та воєнними діями в Україні процеси функціонування та управління сільськогосподарськими підприємствами є дуже ускладненими. Тому виникає потреба в дослідженні проблематики забезпечення ефективності управління. Використання економіко-математичного моделювання в управлінні логістичною діяльністю підприємств є досить новим напрямом управління.

Логістична діяльність є дуже важливою складовою на всіх підприємствах. Процес організації логістичної діяльності є складним та потребує чималих зусиль зі сторони керівництва, визначну роль у цьому набуває логістичний менеджмент. Саме організація логістичного менеджменту (діяльності) повинна охоплювати всі гілки кожного підприємства та мати тісний взаємозв'язок із ними (рис. 1).

Шляхом практичного впровадження елементів (принципів) логістичного менеджменту можна досягти підвищення організаційно-економічної стійкості будь-якого підприємства взагалі, усунути конфлікти між його функціональними підрозділами, забезпечити інтегровану взаємодію з логістичними партнерами та досягти додаткових переваг.

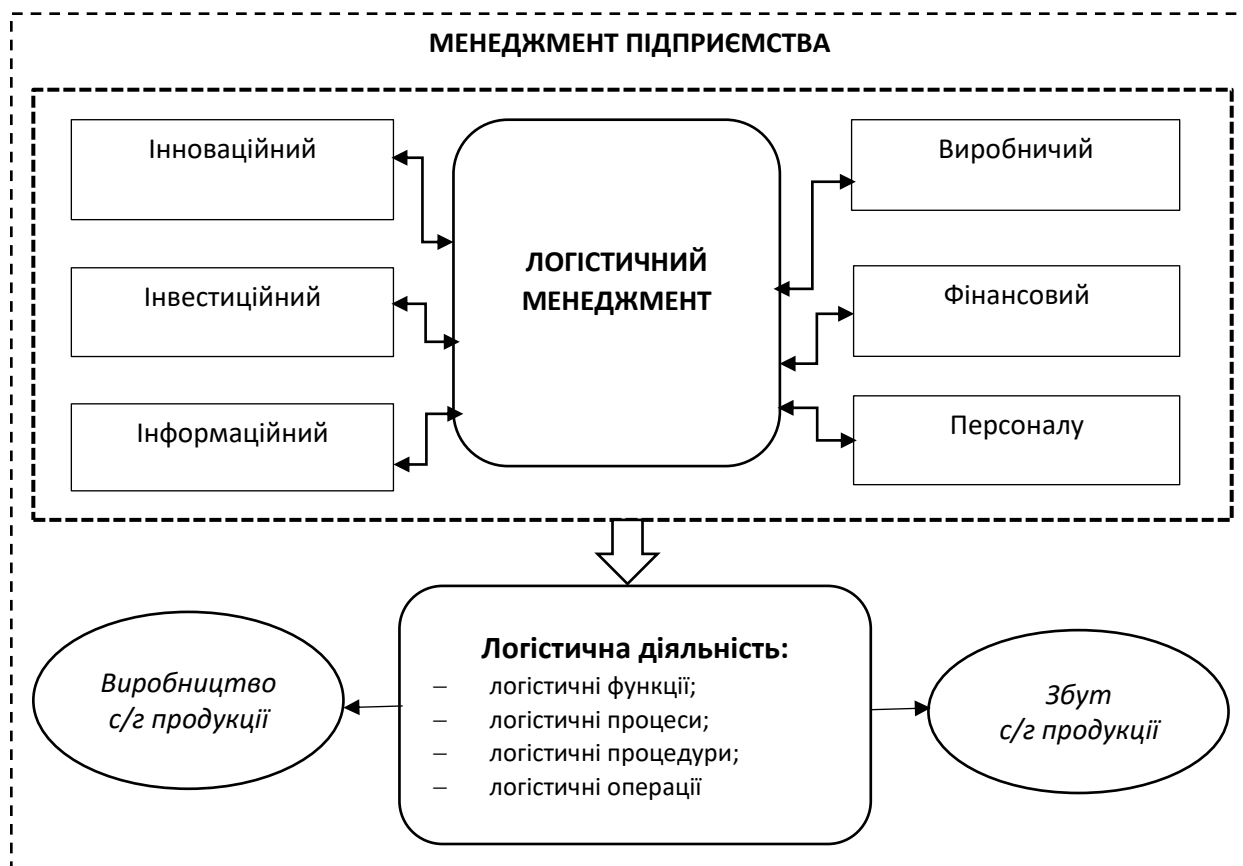


Рис. 1. Логістичний менеджмент та логістична діяльність у системі менеджменту сільськогосподарського підприємства

Джерело [8].

Логістична складова в діяльності підприємств є частиною управління ланцюгами поставок і передбачає планування, реалізацію та управління ефективним прямим і зворотним потоком товарів, послуг та супутньої інформації від місця походження до місця споживання з метою задоволення потреб клієнтів [9, с. 54].

Логістична діяльність підприємства поєднує постачання, зберігання, виробництво та збут в єдиний процес. Функції логістики на підприємствах включають аналіз потреби в матеріальних ресурсах для задоволення виробничих потреб, прогнозування попиту на продукцію та збір даних про потреби ринку. Логістика на підприємствах повинна також враховувати питання оперативного планування, що означає скорочення запасів при відповідному рівні ефективності виробництва та збуту продукції підприємства [10-11]. В Україні та за кордоном існують різні науково-дослідні установи, які мають на меті застосувати науковий потенціал логістики на

практиці. Наприклад, Американське товариство транспорту і логістики в США, Інститут логістики та управління розподілом у Великобританії, Центр логістики в Іспанії та інші.

З кожним роком організація логістичної діяльності набирає нових обертів, а рівень автоматизації зростає. Стрімкий розвиток та впровадження інформаційно-комунікаційних технологій перетворює всі економічні процеси підприємств на своєрідне визначення та виконання завдань. Діджиталізація призводить до появи інших фахівців, які можуть працювати в таких режимах, як смарт-завдання, цільові бізнес-схеми тощо.

Сьогодні хмарна логістика стає все більш популярною. Більше половини постачальників логістичних послуг вже використовують хмарні сервіси. Все більше логістичних послуг стають доступними для малих і середніх підприємств, яким не потрібно витрачати гроші на пошук ефективного інтегрованого IT-рішення. Тепер

вони можуть платити лише за конкретні послуги, надані протягом певного періоду часу, а такі сервіси, як Shipwire та Freightly, пропонують хмарні системи управління транспортом у режимі реального часу. Існує низка постачальників аналітичних платформ для ланцюгів поставок, які задовольняють потреби різних компаній в аналітичних даних. Наприклад, Transmetrics пропонує послуги з оптимізації даних для внутрішнього транспорту. Xeneta і CargoX поширені для морських перевезень, тоді як Youredі дає змогу найбільшим ритейлерам задовольнити свої потреби в даних про авіаперевезення і забезпечити точність доставки [12].

Дослідження "Інфраструктурний індекс", проведене Європейською Бізнес Асоціацією спільно з Arzinger та Sayenko Kharenko, оцінило стан транспортної галузі та вплив військових дій на функціонування транспортної інфраструктури. Дослідження показало, що більшість транспортних компаній, а саме 71%, не припинили свою діяльність і продовжують працювати, 23% припинили роботу, але вже частково відновили її, а 6% припинили роботу, але вже повністю відновили. З опитаних ЄБА транспортних компаній 66% зазнали прямих

збитків у наслідок бойових дій. З них 55% оцінили масштаби збитків як серйозні, 42% - як незначні, а 3% вважають відновлення неможливим або недоцільним. Після війни 44% підприємств планують відновити пошкоджені об'єкти, а ще 24% планують зробити це найближчим часом. При цьому 27% підприємств вже відновили свої об'єкти. Лише 5% підприємств не планують відновлювати свої потужності. Водночас 76% вважають, що варто розробляти проекти з розвитку транспортної інфраструктури в сусідніх європейських країнах із залученням українських інвестицій, щоб забезпечити диверсифікацію імпортої та експортної логістики [12; 13; 14].

Так, найбільш актуальними інвестиційними проектами в Європі та Україні для ринку логістики респонденти на перше місці, за результатами опитування (рис. 2), зазначили розвиток автомобільних шляхопроводів, що з'єднують Україну і європейські країни, на друге місці – будівництво в Україні стратегічних універсальних транспортних хабів у якості резерву потужностей на випадок агресії росії, на третє – розбудову евроколії (1435 мм) на території України [12].

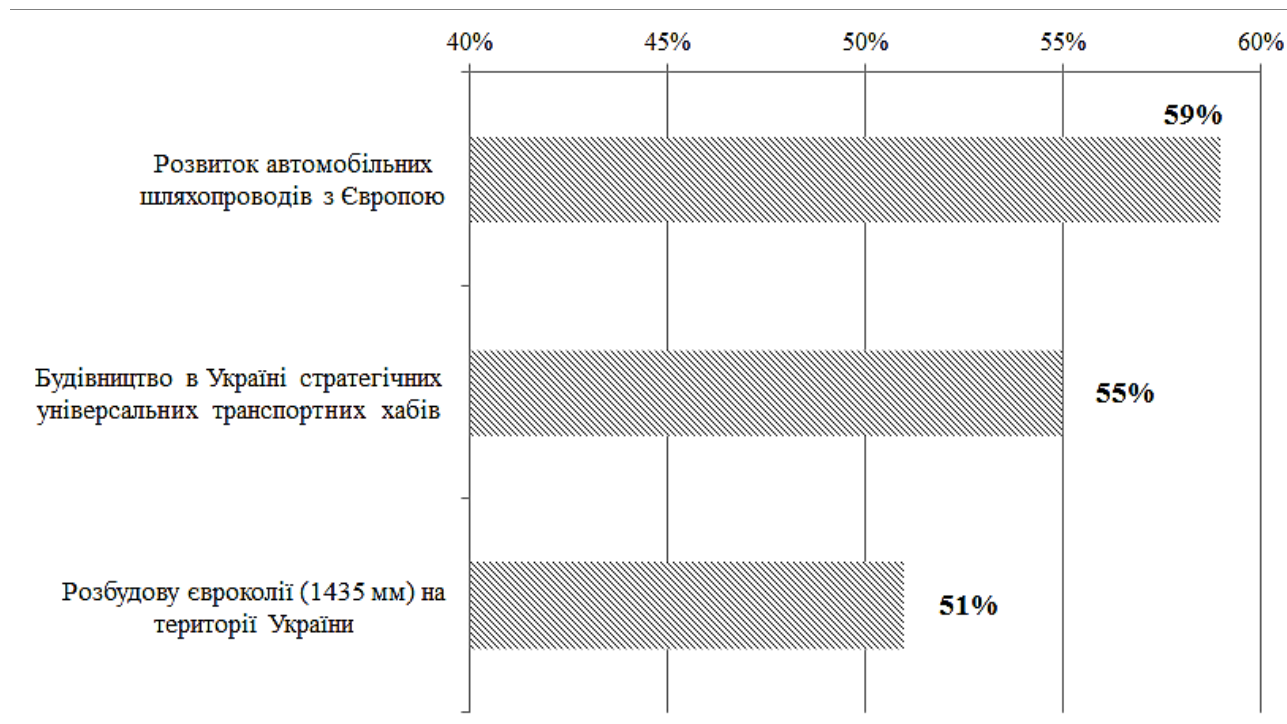


Рис. 2. ТОП-3 інвестиційних проектів в Європі та Україні

Джерело [12].

Враховуючи цифрові трансформації країни, починають з'являтися нові особливості розвитку логістики в діяльності підприємств, зокрема більшість з них пов'язано із інтеграцією великого обсягу інформації (даних), її обробкою, аналізом, систематизацією та оптимізацією.

Сучасні інформаційні та мережеві інструменти і технології дозволяють, зокрема, зберігати великі обсяги даних в електронному (цифровому) вигляді, які можуть бути враховані при прийнятті рішень, використовувати складні економіко-математичні моделі з численними показниками та параметрами, можливість суттєво підвищити точність оцінки досліджуваних економічних показників, особливо логістичних ризиків, можливість забезпечити участь усіх економічних суб'єктів у прийнятті рішень, підтримувати з ними зв'язок, що дає змогу підтримання між ними оперативного зв'язку і дозволяє їм використовувати необхідну доступну інформацію та інструменти для ефективного прийняття рішень.

Використання математичних моделей для управління логістичними процесами сільськогосподарських підприємств забезпечує комплексний підхід до управління всіма інформаційними потоками. Це стосується послуг постачальників матеріалів та сировини, виробничого процесу на підприємстві або його підрозділів, складу та доставки готової продукції кінцевому споживачу. Іншими словами, мінімізація сукупної вартості всіх процесів вимагає зусиль щодо скорочення витрат та часу, необхідного для реєстрації та обробки заявок, перенаправлення, завантаження і розвантаження замовлень і доставки товарів з урахуванням непередбачених витрат.

В економіко-математичних дослідженнях логістики сільськогосподарських підприємств виробничі підприємства описуються як складні динамічні логістичні системи, що являють собою сукупність матеріально-технічних і людських ресурсів.

Основними видами діяльності є постачання, виробництво та збут [15]. Основними завданнями процесу постачання є закупівля, доставка, зберігання та передпродажна підготовка продукції. Виробництво - це процес перетворення факторів виробництва (ресурсів і

коштів) у кінцевий продукт. Збут – це процес організації відносин з ринком з метою максимального задоволення потреб кінцевих споживачів та отримання прибутку. Основний виклик, з яким стикаються підприємства в процесі здійснення збутової діяльності, полягає в тому, щоб раціонально діяти на ринку в умовах невизначеності з метою максимізації прибутку підприємства при повному задоволенні споживчого попиту.

Сучасні підприємства, а саме аграрні, постійно стикаються з проблемою доставки товарів одному або декільком клієнтам в декількох місцях одночасно. Таким чином, процес постачання та продажу безпосередньо пов'язаний з логістичними проблемами, які доводиться вирішувати за допомогою транспорту.

Отже, транспорт — найважливіший фактор розвитку економіки й торгівлі. виробництво практично неможливе без перевезення з різних районів сировини, палива, продукції тощо.

Моделювання як універсальний метод наукового пізнання – це процес побудови, вивчення та застосування моделей, тобто об'єктів, які замінюють об'єкт-оригінал та відображають найважливіші його риси та властивості для певних цілей дослідження [16]. Якщо маємо на увазі математичну модель, то уявляємо певний ступінь абстракції реальності, в якій зв'язки (взаємодії) між елементами реального світу відображаються у вигляді рівнянь (нерівностей), а самі елементи реального світу відображаються в їхніх показниках (змінними і параметрами).

Основною метою використання економіко-математичного моделювання в корпоративній логістиці є зниження транспортних витрат в логістичній системі, зокрема, пошук найкращого оптимального рішення задачі розподілу продукції при перевезенні транспортними засобами.

Попит повинен бути задоволений таким чином, щоб загальні логістичні витрати ланцюга поставок були якомога нижчими.

Розробка логістичної концепції моделі транспортного обслуговування сільськогосподарських підприємств є одним з найважливіших стратегічних рішень. Однак, незважаючи на велику кількість досліджень, існує ряд питань, які потребують ретельного розгляду. Наприклад, цікавим є розгляд не

лише окремих логістичних функцій, таких як розміщення та вибір транспорту, оптимізація запасів та маршрутизація, але й спроби об'єднати ці моделі для зменшення загальних транспортних витрат.

На практиці дослідження поведінки логістичних систем на підприємствах при певних управлінських впливах зводиться до вивчення моделей. Метою даного дослідження є розробка комплексної логістичної моделі для реалізації оптимального транспортного обслуговування виробничого процесу та іншої сторони, тобто постачальника та споживача. Процес ефективного логістичного обслуговування базується на раціональній організації матеріальних потоків (ресурсів і готової продукції). Іншими словами, завдання полягає в розробці раціональних маршрутів транспортування необхідних ресурсів (продукції) підприємства або його підрозділів, своєчасних поставок на виробництво готової продукції споживачам. Розроблені транспортні маршрути впливають на ефективне використання транспорту в середині підприємства.

Розглянемо сутність і можливості застосування економіко-математичних моделей для моделювання логістичного управління на прикладі виробничо-транспортної операції з оптимізації плану прямих перевезень певної однорідної продукції від постачальників до споживачів. План повинен враховувати обсяг запасів цієї продукції у кожного постачальника, попит на продукцію з боку кожного споживача та транспортні витрати на перевезення одиниць продукції за кожним маршрутом (від кожного постачальника до кожного споживача). Завдання полягає в тому, щоб визначити, який з усіх можливих планів транспортування продукції від постачальника до споживача мінімізує загальні транспортні витрати. Це класична виробничо-транспортна задача. Мета полягає в тому, щоб задовольнити споживчий попит з найменшими можливими загальними витратами. До уваги береться не тільки інформація про розмір попиту, але й транспортні витрати на перевезення одиниці продукції від постачальника до споживача та виробничі потужності постачальника, а також

може бути врахована ціна продажу кожного постачальника.

Отже, вихідна інформація до задачі буде мати наступну інформацію:

m – кількість підприємств (підрозділів в межах підприємства) – виробників продукції (постачальників);

i – номер постачальника ($i=1, m$);

N_i – виробнича потужність i -го виробника (підрозділу);

s_i – відпускна ціна одиниці продукції у i -го постачальника;

n – кількість споживачів;

j – номер споживача ($j=1, n$);

b_j – попит на продукцію з боку j -го споживача;

c_{ij} – витрати на перевезення одиниці продукції за маршрутом $i \rightarrow j$ ($i=1, m, j=1, n$).

А невідомими в задачі будуть:

x_{ij} – обсяг перевезень за маршрутом $i \rightarrow j$ ($i=1, m, j=1, n$);

y_i – обсяг виготовленої на i -му підприємстві та відправленої споживачам продукції ($i=1, m$);

z – загальні витрати на закупівлю продукції у постачальників і перевезення продукції до споживачів.

Оптимізаційна економіко-математична модель виробничо-транспортної задачі, з урахуванням обраних позначень для відомих і невідомих величин, буде наступною:

$$\begin{cases} z = \sum_{i=1}^m s_i \cdot y_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_j, j = \overline{1, n} \\ 0 \leq y_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq N_i, i = \overline{1, m} \\ x_{ij} \geq 0, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n} \end{cases} \quad (1)$$

Цільова функція задачі відображає вимогу мінімізації сумарних витрат на закупівлю та транспортування продукції до споживачів. Обмеження задачі враховують вимогу задоволення попиту кожного споживача, умову відповідності обсягів закупівлі рівню виробничих потужностей кожного постачальника, а також балансове рівняння розподілу продукції, виробленої кожним постачальником, між споживачами. Також

враховується умова невід'ємності обсягів виробництва та транспортування [17].

Математична модель (1) оптимізаційної задачі матиме розв'язок, якщо сумарні виробничі потужності всіх виробників відповідають сумарному попиту на продукцію з боку всіх споживачів, тобто $\sum_{i=1}^m N_i \geq \sum_{j=1}^n b_j$

Розглядаючи ситуації у співвідношенні між обсягами загальних виробничих потужностей та сукупного попиту, можуть виникнути три різних випадки:

1). Загальні виробничі потужності усіх виробників збігаються із сукупним попитом споживачів, тобто $\sum_{i=1}^m N_i = \sum_{j=1}^n b_j$. Така задача є закритою, а значить має розв'язок. Особливістю цієї закритої задачі є те, що випуск кожного виробника відповідає його виробничим потужностям. З іншого боку, кожен споживач отримує таку кількість товару, яка відповідає його попиту.

2). Загальні виробничі потужності виробників перевищують сукупний попит усіх споживачів $\sum_{i=1}^m N_i \geq \sum_{j=1}^n b_j$. Така виробничо-транспортна задача теж має розв'язок. Існують рішення цієї виробничо-транспортної проблеми. Крім того, оскільки було б економічно недоцільно відправляти більше продукції, ніж вимагають споживачі, оптимальне планування не вимагатиме від виробників повного використання їхніх виробничих потужностей. Резерв виробничих потужностей складе величину $b_{n+1} = \sum_{i=1}^m N_i - \sum_{j=1}^n b_j$. Залучивши фіктивного $(n+1)$ -го споживача з рівнем попиту b_{n+1} , задача стає закритою типу. Крім того, перевезення за фіктивними маршрутами, визначеними змінними $x_{i,n+1}$, не потребують транспортних або закупівельних витрат для цієї продукції. Вони являють собою резерв виробничих потужностей i -го підприємства ($i=1, m$), який залишається через відсутність сукупного попиту на продукцію.

3). Загальні виробничі потужності усіх виробників менші від сукупного попиту споживачів $\sum_{i=1}^m N_i \leq \sum_{j=1}^n b_j$. Така виробничо-транспортна задача не має розв'язку через наявність дефіциту виробничих потужностей у кількості $N_{m+1} = \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m N_i$. У цій ситуації можна розглянути нову проблему: як

оптимально задовольнити потреби споживачів, незважаючи на дефіцит? Цю нову проблему можна звести до задачі закритого типу, ввівши фіктивного $(m+1)$ -го виробника з виробничими потужностями N_{m+1} . Кількість продукції, що виробляється виробником і транспортується від виробника до споживача, не потребує витрат, а змінні $x_{m+1,j}$, $j=1, n$ представляють кількість продукції, якої не вистачає споживачеві через нестачу виробничих потужностей.

Апробація економіко-математичної моделі була виконана на прикладі приватної виробничої фірми (ПВФ) "Агроцентр". Основним видом діяльності підприємства є вирощування та реалізація сільськогосподарських культур, особливо продовольчих; досліджуване господарство також займається вирощуванням та реалізацією продукції тваринництва: птиці, свиней, овець. Реалізація продукції ПВФ «Агроцентр» здійснювалась в такі райони Дніпропетровської області як: Верхньодніпровський, Криничанський, Петриківський, Царичанський та міста Вільногірськ, Кам'янське, Синельникове та Новомосковськ.

Для оцінки ефективності управління транспортною діяльністю ПВФ «Агроцентр» бажано виокремити логістичні витрати із загальної структури витрат, розділивши витрати на основні групи виробничих витрат: витрати на збут та витрати на постачання відповідно до їх класифікації. Однак відокремлення даних про логістичні витрати є складною аналітичною процедурою через відсутність методик їх планування, планування логістичних витрат через невизначеність кількості партій кожного виду продукції для кожного замовлення тощо. Ще однією проблемою є те, що логістичні витрати включаються до загальних операційних витрат, комерційних витрат, а іноді до окремої групи транспортно-заготівельних витрат, що робить їх відокремлення дуже складним.

Аналіз та оцінка загальних логістичних витрат ПВФ «Агроцентр» дозволить сформулювати структуру логістичних витрат (табл. 1) та згрупувати витрати за функціональними видами логістичної діяльності.

Таблиця 1. Структура логістичних витрат ПФФ «Агроцентр» за 2020-2021 роки

Стаття витрат	2020 р.	2021 р.	% до загальних витрат 2021 р
	млн. грн.	млн. грн.	
Витрати по оформленню замовлення	1372,8	1697,24	6,40
Витрати на зберігання виробничих запасів	2994	3979,56	15,01
Витрати на приймання сировини і матеріалів	2647	3049,21	11,50
Оформлення замовлення на виробництво продукції	1753	2167,16	8,17
Внутрішньовиробниче транспортування продукції	1042,2	1124,81	4,24
Зберігання продукції незавершеного виробництва	2698,5	3524,17	13,29
Витрати на зберігання запасів готової продукції	2742	3591,42	13,55
Оформлення замовлення (упаковка, сортування, маркірування та інше)	1832	2165,40	8,17
Транспортування готової продукції	4146,5	5213,13	19,66
Всього	21228	26512,10	

Джерело: Розраховано авторами за даними річних звітів ПФФ «Агроцентр».

Аналіз логістичних витрат ПФФ «Агроцентр» (Табл. 1) свідчить про те, що вони зросли на 19,9%. Це означає, що підприємству доводиться щороку витратити більше матеріальних ресурсів на збут своєї продукції. Такий показник є негативним для економічного стану підприємства, оскільки існує ризик втрати контролю над логістичними витратами та нераціонального використання наявних ресурсів. Встановлено, що найбільші витрати припадають на транспортування готової продукції, оскільки на це припадає 19,66% всіх

логістичних витрат. Це пов'язано зі збільшенням витрат на утримання транспортних засобів та незапланованими витратами, пов'язаними з дефіцитом продукції, збільшення цін на паливо та інше.

Економіко-математична модель задачі вирішується при наявній інформативній базі показників та наступних умовах:

1. У якості даних для оптимізаційної моделі використана наступна статистична інформація за 2021 р. (табл. 2).

Таблиця 2. Дані для економіко-математичної моделі

Змінна моделі / Показник	2021 р.	
	Відпускна ціна, грн/т	N - Виробнича потужність ПФФ «Агроцентр», т
y ₁ - Культури зернові та зернобобові	6444,8	36313,45
y ₂ - Кукурудза	4785	10848,74
y ₃ - Олійні культури	16692,2	1376,6
y ₄ - М'ясо курей, курчат, свіже чи охолоджене	54510,9	99715,0
y ₅ - Свинина охолоджена – туші, напівтуші	69,9	28124,0
y ₆ - Яйця, грн за 1000 шт	1788,4	67250600 (шт)
Паливо грн/л	29,4	-
Наявний автопарк ПФФ «Агроцентр», шт	-	18

Джерело [18] та річні звітів ПФФ «Агроцентр».

2. Маршрути перевезення продукції від постачальника (ПВФ «Агроцентр») до споживачів.

3. Попит на продукцію відповідних споживачів.

4. Запас палива та паливо-мастильних матеріалів (в моделі не враховано).

5. ПВФ «Агроцентр» повинно забезпечити птахів кормами власного виробництва.

6. ПВФ «Агроцентр» повинно повністю забезпечити себе насінням власного виробництва чи виробляти достатню кількість зерна для обміну його на насіння більш високих кондицій в інших господарствах.

Рішення по оптимізаційній моделі можна знайти, використовуючи сучасне програмне забезпечення, на прикладі засобу Поиск решения електронних таблиць Microsoft Excel [19, 20], інструменту Google Таблиці або розробити власну оболонку для розв'язку задачі [21].

Результатом розв'язку є $\min Z = 4853,42$ (що на 6,9% менше ніж фактично по підприємству стосовно витрат на транспортування продукції до споживачів) при оптимальному плані перевезеної продукції (загалом) $Y^*(y_1^* = 28286; y_2^* = 8430, t_3^* = 1207; y_4^* =$

$99715; y_5^* = 28124; y_6^* = 67250600)$. Наявні виробничі потужності ПВФ «Агроцентр» при такому плані будуть реалізовані максимально.

Висновки та пропозиції щодо подальших досліджень

Оптимізаційна економіко-математична модель може бути використана для проведення аналізу діяльності будь-якого сільськогосподарського підприємства, за різні періоди часу, а також виявити особливості логістичної діяльності не тільки підприємства загалом, але й окремих його підрозділів, а крім того, дає можливість приймати управлінські рішення на різних етапах функціонування та розвитку підприємства.

Для удосконалення логістичної діяльності сільськогосподарських підприємств вкрай важливими є наявність та використання підприємством сучасних інформаційних технологій, платформ та математичного апарату, а також оптимальних моделей управління, що необхідні для оптимізації руху товарів та послуг, ресурсів та інших об'єктів. З появою нових прогресивних методів аналізу, платформ, систем, та інформаційних технологій стає можливим розроблення різних математичних методик спрощення логістичних завдань та їх практична реалізація.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bowersox D. J., Closs D. J. Logistical Management. Mc millan Publishing, 3rd ed. 1991. 314 p.
2. Пономаренко В. С., Таньков К. М., Лепейко Т. І. Логістичний менеджмент: підручник. Харків: ВД «ІНЖЕК», 2010. 482 с.
3. Крикавський Є., Похильченко О., Фертч М. Логістика та управління ланцюгами поставок: навч. посіб. Львів: Львівської політехніки, 2017. 844 с.
4. Фролова Л. В. Логістичне управління підприємством: теоретико-методологічні аспекти: монографія. Донецьк: ДонДУЕТ ім. Туган-Барановського, 2004. 261 с.
5. Величко О. П. Логістичне управління та управління логістикою. *Аграрна наука XXI століття: реалії та перспективи* : матеріали II Міжнар. науково-практ. інтернет-конф., м. Дніпропетровськ : ДДАУ, 2012. С. 40–43.
6. Смирнов І. Г., Шматок О. В. Агрологістика в Україні : суспільно-географічні проблеми і перспективи розвитку. *Економічна та соціальна географія*. 2013. № 2 (67). С. 96–109.
7. Струк Н. Забезпечення логістико-орієнтованого управління потоковими процесами на підприємствах АПК. *Аграрна економіка*. 2013. Т. 6, № 1-2. С. 109-114.
8. Забуранна Л. В., Глущенко О. М. Логістична концепція формування системи управління підприємством. *Науковий вісник : ЧДІЕУ*. 2011. № 4 (12). С. 182–191.
9. Тюріна Н. М., Гой І. В., Бабій І. В. Логістика: навч. посібник. Київ, 2015. 392 с.
10. Амітан В. Н., Ларіна Р. Р., Пілюшенко В. Л. Логістизація процесів в організаційно-економічних системах. Донецьк : ТОВ «Юго-Восток, Лтд», 2013. 73 с.
11. Клімова І. Г. Проблеми та передумови використання логістики в Україні. *Держава та регіони*. 2016. № 3. С. 143-147.
12. Логістика в Україні. URL: <https://logistics-ukraine.com>.
13. Державна служба статистики України URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
14. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <http://minagro.gov.ua>.

15. Куліков П. М. Економіко-математичне моделювання фінансового стану підприємства : навч. посіб. Харків : Вид. ХНЕУ, 2009. С. 7-44.
16. Вітлінський В. В. Моделювання економіки: навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2003. 408 с.
17. Кігель В. Р. Оптимізація логістичних рішень: навч. посіб. Київ : Університет економіки та права "КРОК", 2007. 136 с.
18. Офіційний веб-сайт Головного управління статистики у Дніпропетровській області URL: <http://www.dneprstat.gov.ua/statinfo/sg>.
19. Нужна С. А. Математичне моделювання системних характеристик сільськогосподарських підприємств та об'єднань. Питання прикладної математики і математичного моделювання. 2012. URL: <https://pm-mm.dp.ua/index.php/pmmm/article/view/39>.
20. Нужна С. А., Мороз С. І. Економіко-математичне моделювання в бізнес-плануванні підприємств аграрної сфери. *Ефективна економіка*. 2021. № 4. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8813>.
21. Нужна С. А. Інформаційна технологія формування числової економіко-математичної моделі поєднання галузей сільськогосподарських підприємств. *Економіка: проблеми теорії та практики*. 2009. Випуск 255 (Том VII). С. 1686–1692.

REFERENCES

1. Bowersox, D. J. and Closs, D. J. (1991). *Logistical Management*, 3rd ed, Mcmillan Publishing, New York, United States of America.
2. Ponomarenko, V. S., Tankov, K. M., & Lepeiko, T. I. (2010). *Lohistychnyi menedzhment*. Kharkiv: VD «INZhEK» [in Ukrainian].
3. Krykavskiy, Ye., Pokhylchenko, O., & Fertch, M. (2017). *Lohistyka ta upravlinnia lantsiuhamy postavok*. Lviv : Lvivskoi politekhniki [in Ukrainian].
4. Frolova, L. V. (2004). *Lohistychne upravlinnia pidpriemstvom: teoretyko-metodolohichni aspekty*. Donetsk: DonDUET im. Tuhan-Baranovskoho [in Ukrainian].
5. Velychko, O. P. (2012). Lohistychne upravlinnia ta upravlinnia lohistykoiu. *Ahrarna nauka KhKhI stolittia: realii ta perspektyvy : materialy II Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiy* (pp. 40-43)/ - Dnipropetrovsk : DDAU [in Ukrainian].
6. Smyrnov, I. H., & Shmatok, O. V. (2013). Ahrolohistyka v Ukraini : suspilno- heohrafichni problemy i perspektyvy rozvytku. *Ekonomichna ta sotsialna heohrafiia*, 2 (67), 96-109 [in Ukrainian].
7. Struk, N. (2013). Zabezpechennia lohistyko-orientovanoho upravlinnia potokovymy protsesamy na pidpriemstvakh APK. *Ahrarna ekonomika*, 6 (1-2), 109-114 [in Ukrainian].
8. Zaburanna, L. V., & Hlushchenko, O. M. (2011). Lohistychna kontsepsiia formuvannia systemy upravlinnia pidpriemstvom. *Naukovyi visnyk*, 4 (12), 182-191 [in Ukrainian].
9. Tiurina, N. M., Hoi, I. V., & Babii, I. V. (2015). *Lohistyka*. Kyiv [in Ukrainian].
10. Amitan, V. N., Larina, R. R., & Piliushenko, V. L. (2013). *Lohistyziatsiia protsesiv v orhanizatsiino-ekonomichnykh systemakh*. Donetsk: TOV «Iuho-Vostok, Ltd» [in Ukrainian].
11. Klimova, I. H. (2016). Problemy ta peredumovy vykorystannia lohistyky v Ukraini. *Derzhava ta rehiony*. 3, 143-147 [in Ukrainian].
12. *Logistics in Ukraine*. <https://logistics-ukraine.com/> [in Ukrainian].
13. *Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy*. <http://www.ukrstat.gov.ua>. [in Ukrainian].
14. *Ministerstvo ahrarnoi polityky ta prodovolstva Ukrainy*. <http://minagro.gov.ua>. [in Ukrainian].
15. Kulikov, P. M. (2009). *Ekonomiko-matematychne modeliuвання finansovoho stanu pidpriemstva*. Kharkiv : Vyd. KhNEU [in Ukrainian].
16. Vitlinskiy, V. V. (2003). *Modeliuвання ekonomiky*. Kyiv : KNEU [in Ukrainian].
17. Vitlinskiy, V. V. (2007). *Modeliuвання ekonomiky*. Kyiv : KNEU [in Ukrainian].
18. Ofitsiyniy veb-sait Holovne upravlinnia statystyky u Dnipropetrovskii oblasti. <http://www.dneprstat.gov.ua/statinfo/sg/> [in Ukrainian].
19. Nuzhna, S. (2012). Mathematical modeling of system performance of agricultural enterprises and associations. *Problems of Applied Mathematics and Mathematical Modeling*. <https://pm-mm.dp.ua/index.php/pmmm/article/view/39> [in Ukrainian].
20. Nuzhna, S. and Moroz, S. (2021). Economic and mathematical modeling in business planning of agricultural sector, *Efektivna ekonomika*, 4. <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8813>. DOI: 10.32702/2307-2105-2021.4.104 [in Ukrainian].

21. Nuzhna, S. (2009). Mathematical modeling of system characteristics of agricultural enterprises and associations, *Issues of applied mathematics and mathematical modeling, Issues*, 255(7), 1686–1692. <https://pm-mm.dp.ua/index.php/pmmm/article/view/39> [in Ukrainian].

Svitlana Nuzhna, PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor Department of Information Systems and Technologies, Dnipro State Agrarian and Economic University, Ukraine

Hennadii Karimov, PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor at Department of Management of organizations and Administration, Dniprovsky State Technical University, Ukraine

Ivan Karimov, PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Applied and Higher Mathematics, Dniprovsky State Technical University, Ukraine

ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING IN LOGISTICS ACTIVITIES OF AGRICULTURAL ENTERPRISES

Abstract

Introduction. The successful functioning and competitiveness of any enterprise in the agricultural sector directly depends on the coordinated interaction of all subsystems of the enterprise, including logistics. The introduction of pandemic quarantine due to COVID-19 and military operations in Ukraine forced the economy to adapt to a different mode of operation. However, some industries cannot fully transition to remote modes. Logistics cannot yet be fully virtualized. Along with the transition to the most remote mode of operation, the delivery of consumer goods and personal orders continues, which challenges enterprises to find ways to improve logistics activities.

Purpose. Based on the conducted research and analysis, develop a mathematical model for finding the best suboptimal solutions for the problem of reducing the transport costs of agricultural enterprises during the transportation (sale) of products.

Methodology. In the process of the research, an economic-mathematical model was built on the example of a production-transportation problem on the optimization of the transportation plan of some homogeneous products directly from suppliers to consumers, on the example of the activity of the agricultural enterprise PPC "Agrocentr" in the Dnipropetrovsk region. The model was tested on the statistical data of the company's work for 2021, modern Microsoft Excel spreadsheet software was used, namely, the Solution Search tool and Google Sheets tools.

Results. It has been proven that the results of the optimization of the product transportation plan make it possible to use the production potential of the enterprise in the most effective way and ensure the lowest costs during the sale of products. Such a model can be used to analyze the activity of any agricultural enterprise, for different periods of time, and will also reveal the features of the transportation of products not only of the enterprise, but also of its individual divisions, and in addition, it makes it possible to make management decisions at various stages of production and sales of products.

Keywords: logistics activity; optimization model; agricultural enterprises; production and transport task; product transportation plan.

Cite as: Nuzhna, S., Karimov, H., and Karimov, I. (2023). Economic and mathematical modeling in logistics activities of agricultural enterprises. *Economic analysis*, 33 (1), 258-269. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2023.01.258>